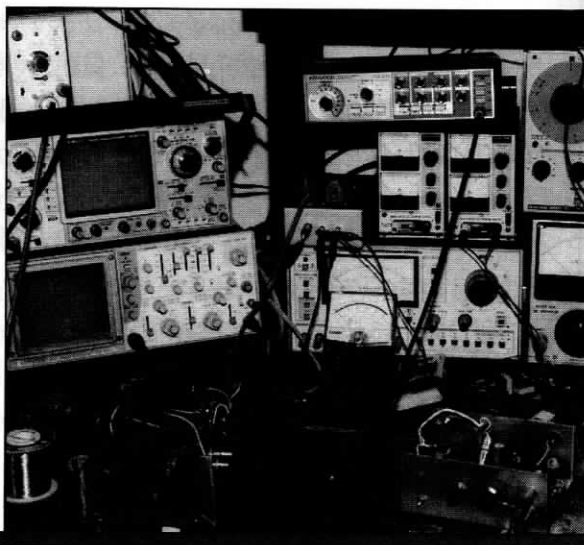
高周波バイアス形アンプの実験②

～実用回路の設計と動作解説～

山崎　浩（やまさき　ひろし）

パワー・アンプに求められる性能は，スピーカを入力信号に従い忠実に駆動することと理解しています．決して8Ωの抵抗にオーディオ出力を供給することではありません．オーディオ・システムでスピーカがボトルネックであることは，多くのマニアに了解されています．しかし，パワー・アンプがボトルネックのスピーカを果たして適切に駆動しているかとなるとあいまいです．

1．モータ制御とスピーカ

本誌3月号に，「スピーカはモータである」と想定して設計した高周波バイアス形アンプを報告させていただきました．スピーカの代表でもあるダイナミック形は直流モータとほとんど同じです．モータのアマチュア(電機子または回転子）に巻かれたコイルはボイス・コイルと等価で，強力な磁界の中をフレミングの左手の法則に従い動きます．スピーカは慣性モーメントの小さいリニア・モータの一種と考えてもよさそうです．

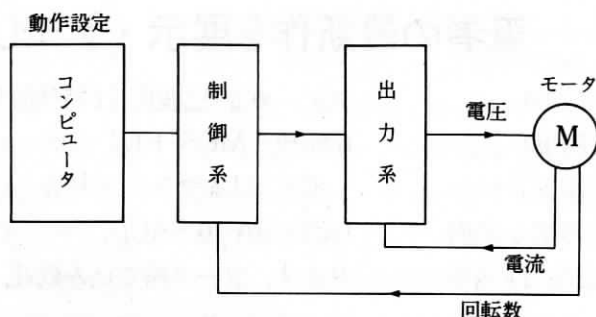
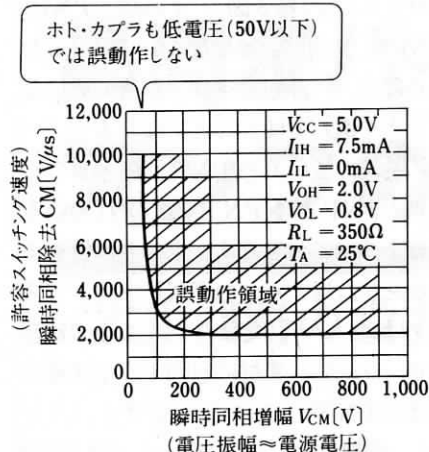
モータの種類により制御方法も異なりますが，いわゆる精密な動作を行うことを目的とするモータにサーボ・モータがあります．産業用装置，例えばNCマシンの性能はサーボ・モータの制御精度で決まります．NCマシンの精度はユーザーに誤解されないよう表現され，dB表示で済むスピーカのようにおおらかではありません．

オーディオ用パワー・アンプとは互いに無縁のように思われるかもしれませんが，一般にモータ制御システムではモータに与える出力電圧，出力電流，回転数，回転位置等を検出し，制御しているのです(第1図)．単に入力信号と相似の出力電圧をスピーカに与えることしか機能のないオーディオ用パワー・アンプに比べ制御の観点でみれば，はるかにインテリジェントです．

〈第1図〉簡単なサーボ・システムの例

2．PNP形とPch形

本誌3月号で報告した回路は，モータ制御回路としてみれば一般的ではありません．モータ制御に限らず，スイッチング制御回路の出力段にPNPまたはPch素子を用いないのが常識です．その理由はNPN, Nch素子に比べ性能が劣るからです．それ故スイッチング用のPNP, Pchパワー素子はほとんど存在しません．

スイッチング素子として重要なのは高速でオン，オフできることですが，バイポーラ・トランジスタではベース，FETではチャネルをいかに短時間でキャリア（電子またはホール）が通過するかが特性を決定します．NPN, Nch形では電子が，PNP, Pch形ではホールがキャリアになります．キャリアの速さは移動度(μ：モビリティ）で表現されますが，第2図のように電子の移動度はホールの約3倍も大きいので，構造（物理的サイズ）が同じであれば，NPN, Nchの方がPNP, Pchよりも高周波性能がよく，f_Tも3倍になるはずです．

〈第5図〉瞬時同相除去ー瞬時同相増幅特性

6 N 135 データ・ブック(Hewlett Packard社)より引用し，筆者が書き加えた

します．

ストレー容量はオーディオ・アンプの場合にも特にパワー・トランジスタと放熱板の間に生じますが，ほとんどのオーディオ・アンプ・メーカーは無視するようです．トランジスタの極性と回路構成にもよりますが，第6図に示すように放熱板をケースから数cm以上浮かすか，最悪でも放熱板とパワー・トランジスタの間にシールド板を挿入し，シールド板をパワー・トランジスタ回路のアースに接続しないといけません(産業用回路では常識です)．

4. 高周波バイアス形アンプの設計

第7図に全回路を，第8図に電源を除くレイアウトおよび配線図を示します．前回と異なり，Nch MOSFETだけで出力ブリッジを構成します．

■ 4.1 PWM変調ICの動作と駆動回路

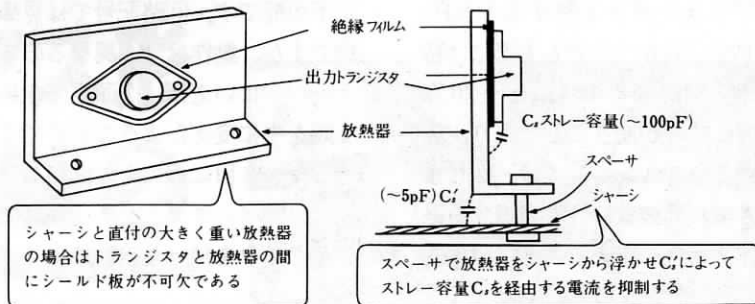
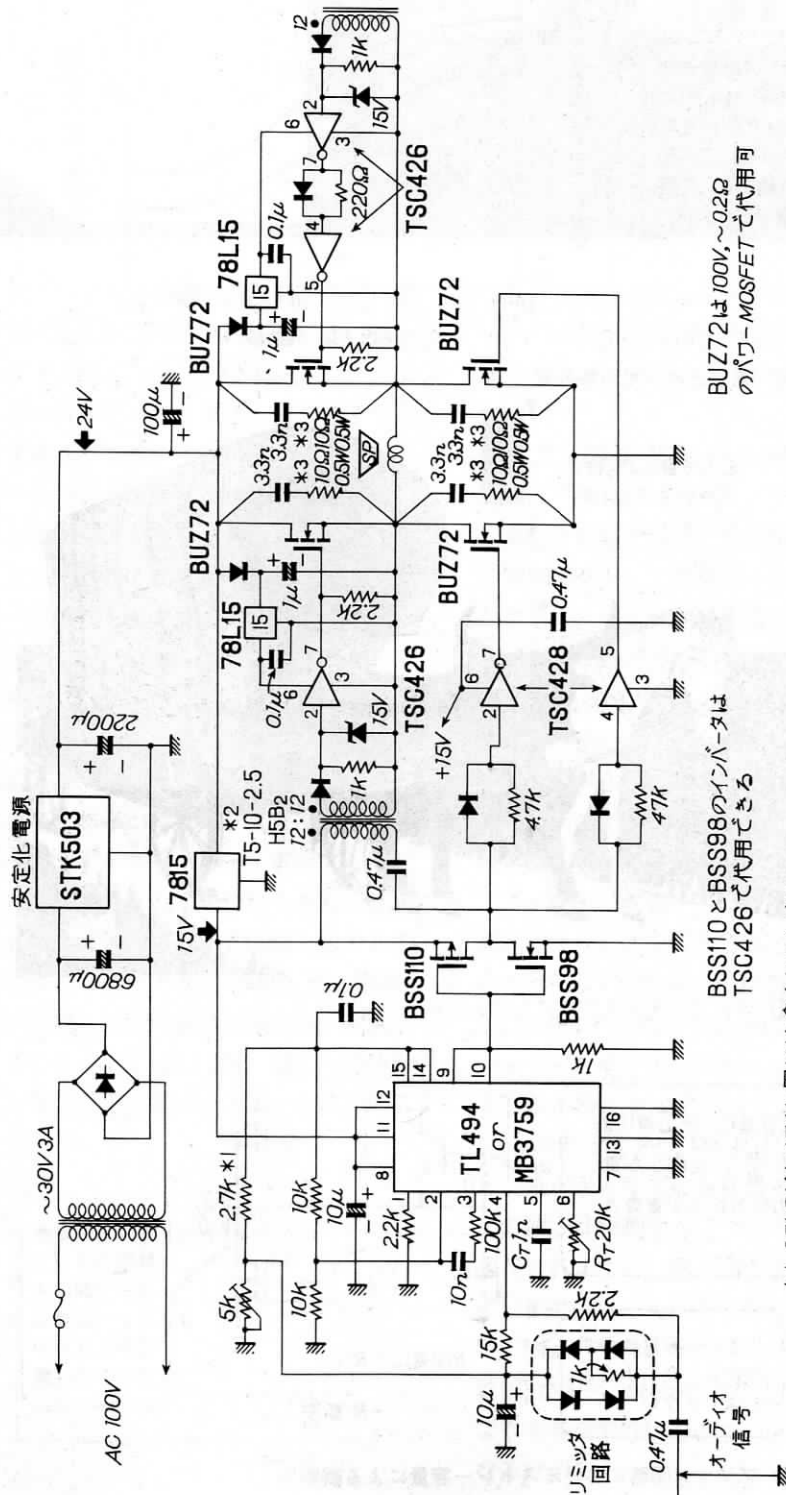
第9図にTL494のブロック・ダイアグラムを示します．回路の詳細はメーカーのデータ・シート等を参考にしていただきますが，動作原理を簡単に

▲〈第6図〉出力トランジスタとシャーシ間ストレー容量

BUZ72は100V，~0.2Ωのパワー-MOSFETで代用可

BSS110とBSS98のインバータはTSC426で代用できる

*1 2.7kΩはレイアウト図には含まれていない．

*2 トロイダル・トランスはレイアウト図のように互に離して巻く．

*3 スナーバ3.3nF+10Ωは，出力波形を観察し増減する．

▲〈第7図〉高周波バイアス形アンプIIの全回路図

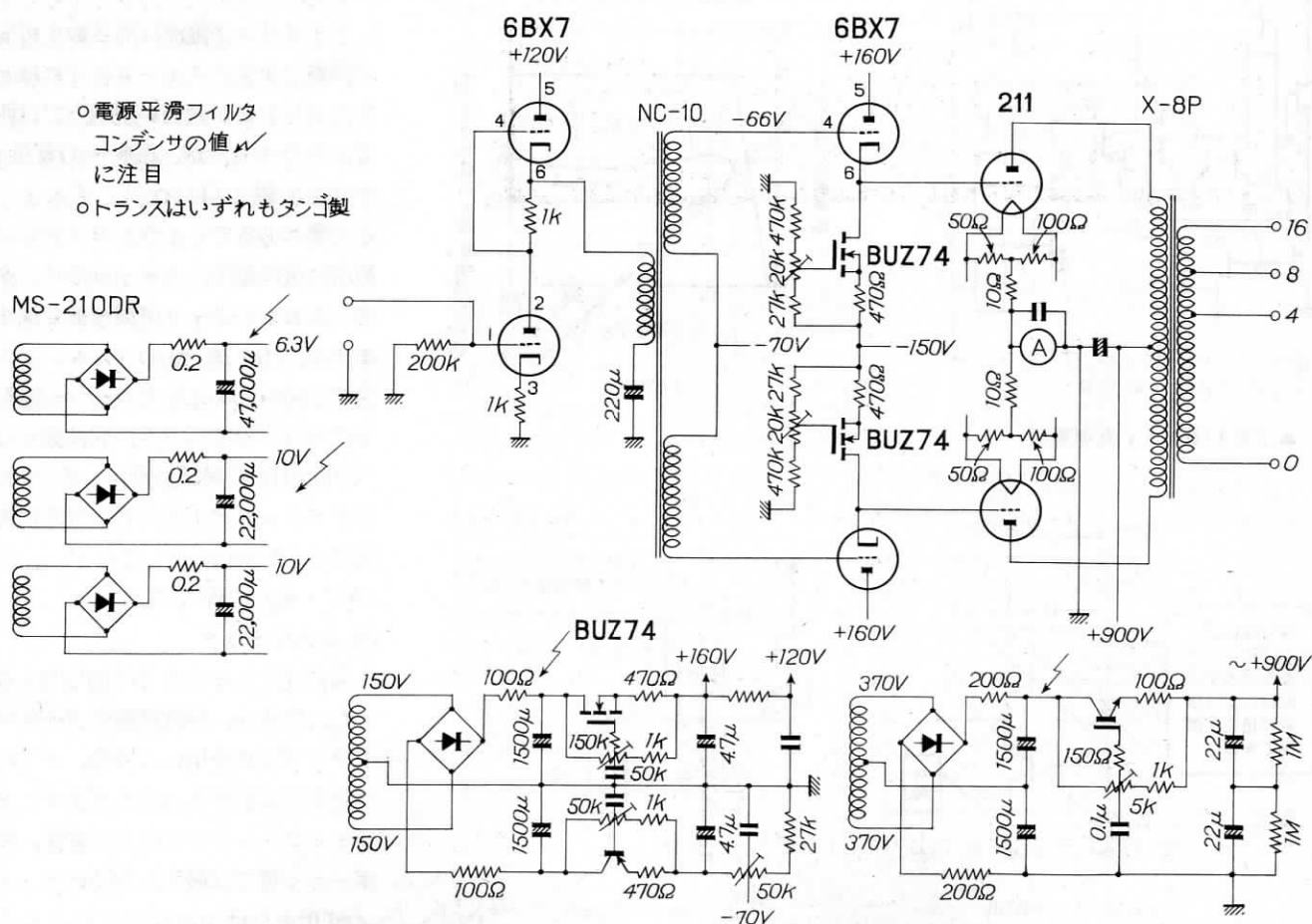
オードによる入力リミッタで中心（1.4V）から約1.2V以内に抑制します．リミッタによって理論上はともかく聴感上，ダイナミック・レンジが狭くなった印象を受けません．

(c) **ノイズ対策**

高周波バイアス形アンプは，アンプとスピーカの間に高周波電流を流しますから，別な見方をすれば無線送信器であり，一種のノイズ源です．そのためアンプのシールドに十分配慮する必要があります．AC電源ラインにはライン・ノイズ・フィルタを挿入し，ストレー容量を介し電源ラインおよび入力ラインを経由するノイズ対策が必要です．スイッチング回路と電源およびケース間も適宜シールドすべきです．

ステレオとして１つのケースに納めようとすると個々のアンプが発生するノイズが互いに干渉し合うので，その対策にはスイッチング回路の経験と計

● 211 プッシュプル・アンプの外観

○電源平滑フィルタコンデンサの値に注目
○トランスはいずれもタンゴ製

〈第15図〉 211 プッシュプル・アンプ（1年前までの筆者レギュラー・アンプ）

測器が必要になります．モノラルとして製作し，互いに 30 cm 以上離せば，実用上は問題になりません．

スピーカ・ケーブルもシールドすべきでしょうが，ケーブルの長さ ℓ とキャリア周波数 f によりシールドすべきかどうか決まります．仮に 200 kHz としてもケーブルのアンテナ効果は $\ell \geqq 1/4\ \lambda \fallingdotseq 40$ m で顕著になるはずです．しかし，キャリアに含まれる高調波成分を考慮すれば長く引き回すことは好ましくなく，せいぜい，5 m 以内とすべきでしょう．

ノイズ処理はアンプの出力に比例して困難になるので，この種のアンプは最大でも 100 W ──$(V_s/\sqrt{2})^2 \div R_L = 100$ W，$R_L = 8\ \Omega$ とすれば $V_s = 40$ V ── 以内にすべきでしょう．

■ 4.4 試聴記

自作アンプの試聴記は必ず自画自讃になるので，読者の方々には割り引いて判断して頂くことをお願いします．いずれの楽器（ピアノ，ヴァイオリン，トランペットそしてフルート）もそれらしく鳴ります．大口径の振動板が発する高音の心地良さを感じます．

以前の筆者のレギュラー・アンプは，211 プッシュプル無帰還アンプ（第 15 図）で，物量をありったけ投入したヘビー級です．半導体素子および応用回路を本職としておりますが，大きくてフィラメントがほんのり輝き見栄えのする真空管アンプは，トランジスタ・アンプに比べ音色においても常に満足を与えてくれました．211 プッシュプル・アンプはその総決算ともいえる決意で作り上げ，確かに期待どおりでした．

しかし，この高周波バイアス形アンプ以後，パワー・アンプにおける評価基準は一変しました．真空管アンプがいくら私の好みと一致してもこの音は作られた美しさであると認識しつつ聴くことにやりきれなくなってきたのです．

最近すべての電子装置で話題になっている電源ラインの高調波問題（ラ技 1991 年 5，7 月別拙稿）は出力の大きいアンプほど AC ラインにひずみを発生させ，他の電子装置の正常動作を妨げます．そして昨年夏，ギックリ腰に悩まされ，重すぎるアンプが怖いこと（メンテのためにアンプを裏返すとき）も小形，軽量アンプを再認識する一因になったかもしれません．

5. あとがき

モータ制御と比較しながら一つの試みとして高周波バイアス形アンプを製作しましたが，考えさせられたことがあります．現在のダイナミック形スピーカおよびそれを駆動するパワー・アンプを含むシステムとしての未熟さです．システムごとに音色が異なるのはとりも直さず不完全さ故と了解しておりますが，いずれのシステムもなまじ音が出てしまうこと，そして評価方法のあいまいさ故に，「相性が良い，悪い」等と結論を出し得ない延々と続く議論にはいささかうんざりしております．

スピーカにピックアップ・コイルもしくはホール・センサを付加し，振動板の動きをサーボ・アンプで制御することはメーカーにとって雑作もないことでしょう．閉ループでスピーカを駆動すれば，音が好みに一致するかどうかは別にして忠実度は飛躍的に向上するはずです．恐らくスピーカおよびアンプ・メーカーは「そんなことをしたら既存商品の価値が下がってしまう」，「変化が大き過ぎることはしない方がよい」，「他社が採用したら追従しよう」等々，保守的に振る舞うのが通常です．現在オーディオ・メーカーの多くは，幸いにもアンプとスピーカ双方に携わっています．是非アンプだけスピーカだけでなく，システムとして質の向上を目指して欲しいものです．

● 高周波バイアス形アンプIIの外観